

DERWENT-ACC-NO: 1999-591790

DERWENT-WEEK: 200048

COPYRIGHT 1999 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Work function measurement type gas sensor

**INVENTOR: DAECHÉ, F; FLEISCHER, M ; MEIXNER, H ;
OSTRICK, B ; STRZODA, R**

PATENT-ASSIGNEE: SIEMENS AG[SIEI]

PRIORITY-DATA: 1998DE-1014857 (April 2, 1998)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE
PAGES MAIN-IPC		
DE 19814857 A1	October 14, 1999	N/A
007 G01N 027/414		
DE 19814857 C2	September 28, 2000	N/A
000 G01N 027/414		
WO 9951976 A1	October 14, 1999	G
000 G01N 027/414		

**DESIGNATED-STATES: JP US AT BE CH CY DE DK ES FI
FR GB GR IE IT LU MC NL PT SE**

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO
DE 19814857A1	N/A	1998DE-1014857
April 2, 1998		
DE 19814857C2	N/A	1998DE-1014857
April 2, 1998		
WO 9951976A1	N/A	1999WO-DE00858
March 23, 1999		

**INT-CL (IPC): G01K007/00, G01N027/00 , G01N027/414
, G01N033/00**

ABSTRACTED-PUB-NO: DE 19814857A

BASIC-ABSTRACT:

NOVELTY - The work function measurement type gas sensor has a flip-chip mounted MOSFET with a gas sensitive layer forming part of its gate insulation.

DETAILED DESCRIPTION - The gas sensor, of work function measurement type, comprises an electrically insulating substrate with a MOSFET, source/drain regions of which are electrically connected to respective substrate contacts and the gate of which is provided with a gas sensitive

layer and is positioned by a flip-chip technique at a predetermined distance from the source/drain region.

USE - As a work function measurement type sensor for gas detection.

ADVANTAGE - The sensor employs a simple construction of a passivated-gate MOSFET which is flip-chip mounted on an insulating substrate, the gas sensitive layer being easily formed as part of the gate insulation which can be positioned to provide a precise air gap.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The drawing shows a cross-sectional view of a gas sensitive FET.

Ceramic substrate 8

Air gap 9

CMOS transistor 10

Gas sensitive layer 11

Plug pins 13

Conductor lines 14

Drain region D

Source region S

CHOSEN-DRAWING: Dwg.2/7

**TITLE-TERMS: WORK FUNCTION MEASURE TYPE GAS
SENSE**

DERWENT-CLASS: J04 S03 U11 U12

CPI-CODES: J04-C04;

**EPI-CODES: S03-E02A; S03-E03C; S03-E14P; U11-E01C;
U12-B03E; U12-D02A;**

**UNLINKED-DERWENT-REGISTRY-NUMBERS: 1544U;
1694U**

SECONDARY-ACC-NO:

CPI Secondary Accession Numbers: C1999-173050

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N1999-436547



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 198 14 857 A 1**

⑤ Int. Cl.⁶:
G 01 N 27/414
G 01 N 33/00

⑦① Aktenzeichen: 198 14 857.7
⑦② Anmeldetag: 2. 4. 98
⑦③ Offenlegungstag: 14. 10. 99

DE 198 14 857 A 1

⑦① Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦② Erfinder:
Fleischer, Maximilian, Dr.rer.nat., 85635
Höhenkirchen-Siegertsbrunn, DE; Strzoda, Rainer,
Dipl.-Phys., 81739 München, DE; Ostrick, Bernhard,
Dipl.-Phys., 54634 Bitburg, DE; Meixner, Hans, Prof.
Dr., 85540 Haar, DE; Daeche, Frank, Dr.-Ing., 81825
München, DE

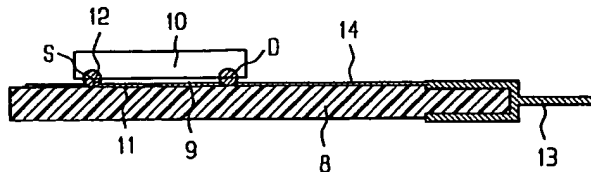
⑤⑤ Entgegenhaltungen:
DE 42 39 319 C2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Gassensor nach dem Prinzip der Austrittsarbeitsmessung

⑤⑦ Es wird ein hybrider Flip-Chip-Aufbau eines Gassensors nach dem Prinzip der Austrittsarbeitsmessung in Form eines kostengünstigen CMOS-Transistors vorgestellt. Dieser besteht aus einem elektrisch isolierenden Keramiksubstrat (8), das elektrische Leiterbahnen (14) und Kontaktiermittel aufweist. Eine gassensitive Schicht (11) ist Bestandteil der Gateisolierung. Der CMOS-Transistor (10) mit Source (s) und Drain (D) ist in Flip-Chip-Technik auf dem Keramiksubstrat (8) montiert und entsprechend mit den Leiterbahnen (14) kontaktiert.



DE 198 14 857 A 1

Die Erfindung betrifft einen Gassensor, der bestimmte Gase nach dem Prinzip der Austrittsarbemessung bzw. deren Änderung detektiert. Bei einem derartigen Sensor wird durch den Kontakt mit einem zu detektierenden Gas eine Änderung der Austrittsarbeit an einem gassensitiven Material verursacht.

Um einen Sensor nach dem Prinzip der Austrittsarbemessung kostengünstig und mit kleiner Baugröße herzustellen, wird die Änderung der Austrittsarbeit direkt an einem Kanal eines Feldeffekttransistors gemessen. Dazu wird der Feldeffekttransistor durch die Änderung der Austrittsarbeit derart angesteuert, daß als Sensorsignal z. B. eine einfache auszulesende Änderung des Source-Drain-Stromes abgegriffen werden kann.

Gegenüber herkömmlichen Wirkprinzipien von Gassensoren, wie beispielsweise resistiven Sensoren, die in der Regel halbleitende Metalloxide beinhalten, elektrochemische Zellen, Nernst Sonden oder Pellistoren, bietet die Benutzung der Austrittsarbemessung wesentliche Vorteile. So ist mit derartigen Sensoren erstmals die Kombination von geringen Herstellungskosten und geringem Energiebedarf im Betrieb erzielbar. Die Herstellungskosten sind sehr gering und der Betrieb läßt sich mit einer Leistungsaufnahme im Micro- oder Milliwattbereich bewerkstelligen. Dadurch erschließen sich zusätzlich zum konventionellen Massenmarkt für Gassensoren große spezifische neue Märkte. Zum anderen können für diese Gassensoren prinzipiell alle unter Einsatzbedingungen stabilen Detektionsmaterialien verwendet werden, wodurch eine bisher unerreichte große Bandbreite unterschiedlicher Gase detektierbar ist. Durch die Möglichkeit für ein Zielgas ein bezüglich der chemischen Eigenschaften passendes Detektionsmaterial zu wählen, ist eine hohe Selektivität der Gasdetektion möglich.

Bisher existieren verschiedene im Forschungsstadium befindliche Aufbauten, die hinlänglich die prinzipielle Machbarkeit der Messung der Austrittsarbeit beispielsweise mit gassensitiven Transistoren und entsprechenden gassensitiven Schichten gezeigt haben. Für eine Produktverwertung existiert jedoch keinerlei praktikable Produktionstechnologie.

Ein Kennzeichen derartigen gassensitiven Transistoren [1] besteht in einem Luftspalt zwischen einem passivierten Kanal und einer Schicht des Sensormaterials, das ein Bestandteil eines Gates darstellt (suspended gate). In dieses diffundiert das zu messende Gasgemisch ein. Durch Adsorption von Molekülen des zu detektierenden Gases auf der Oberfläche des sensitiven Materials entsteht eine Dipolschicht und damit ein elektrisches Potential, welches über den kleinen Luftspalt die Kanalleitfähigkeit und damit den Source-Drain-Strom beeinflusst.

In der Druckschrift [2] wird von einem monolithischen Aufbau des suspended gate ausgegangen, wobei auf der Oberfläche des Siliziums durch eine Folge von Abscheide- und Ätzprozessen die benötigte Struktur mit einem Luftspalt geschaffen wird. Insbesondere wird der Luftspalt durch Abscheiden einer Opferschicht, Aufbringung zusätzlicher Schichten und in einem später folgenden Prozeß durch Wegätzen der Opferschicht, wodurch eine Hohlraumbildung von staten geht, gebildet.

Diese Technologie hat sich jedoch als nicht praktikabel erwiesen, da bei den zur Öffnung des Luftspaltes benötigten Ätzprozessen beinahe unvermeidlich auch die gassensitive Schicht angegriffen wird. Diese Methode erlaubt auch von der möglichen Abscheidetechnik der gassensitiven Schicht her nur eine sehr eingeschränkte Gruppe von Sensormaterialien, so daß hiermit der wesentliche Vorteil der beschriebenen

Meßmethode derartiger Sensoren, nämlich die Detektion einer großen Bandbreite von Gasen durch unterschiedliche Detektormaterialien, entfällt. Zudem sind für einen derartigen Aufbau eine große Reihe von nicht CMOS kompatiblen Sonderprozessen nötig.

Weitergehende Entwicklungen haben gezeigt, daß die Aufbautechnologie eines hybriden Gates [3] wesentliche Vorteile mit sich bringt. Bei derartigen Aufbauten wird ein Basistransistor in CMOS-Technologie hergestellt, bei dem der Kanalbereich mit einer Passivierung, beispielsweise Si_3N_4 , versehen ist. In einem davon unabhängigen Prozeß wird ein Gate in Silizium-Mikromechnik hergestellt, welches bei relativ großer Freiheit der anzuwendenden Prozesse mit einer dünnen Schicht des Detektionsmaterials bedeckt wird. Das Gate weist beispielsweise auch Abstandshalter auf und wird über dem Kanal des CMOS-Basistransistors befestigt, wodurch wiederum der benötigte Luftspalt gebildet wird. Nachteile dieses Aufbaues bestehen darin, daß aufwendige und nicht für sämtliche Produktionsstandorte verfügbare Silizium-Mikromechnik und aufwendige Bearbeitungen eines hybriden Gates mit Prozessen auf beiden Seiten notwendig sind. Außerdem muß der besprochene Aufbau eines Gassensors noch an einen hochwertigen Sockel eingebaut werden, was einen zusätzlichen Kostenfaktor darstellt.

Vergleichbare Aufbautechnologien finden sich weiterhin in der Druckschrift [4], wobei allerdings der Luftspalt separat als Kapazität ausgeführt ist und die Spannung über einen Bondkontakt in den MOSFET geführt wird.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Gassensor nach dem Prinzip der Austrittsarbemessung bereit zu stellen, der einen minimierten und einfachen Aufbau mit allen Vorteilen des Prinzips der Austrittsarbemessung aufweist.

Die Lösung dieser Aufgabe geschieht durch die Merkmale des Anspruchs 1.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß auf einem elektrisch isolierenden Substrat mit elektrischen Leiterbahnen und Kontaktiermitteln in einfacher und vorteilhafter Weise ein MOSFET mit passiviertem Gate in Flip-Chip-Technik aufgebracht werden kann, wobei das Substrat wesentlich größer ist als der Feldeffekttransistor. Wesentlich hierbei ist, daß die in dem Aufbau vorhandene gassensitive Schicht, die einen Bestandteil der Gateisolierung des FET darstellt, leicht realisierbar ist. Darüber hinaus besteht die einfache Möglichkeit den ebenfalls zur Gateisolierung zugehörigen Luftspalt innerhalb des MOSFET bei der Flip-Chip-Montage exakt einzustellen.

Vorteilhafte Ausgestaltungen können den Unteransprüchen entnommen werden.

Im folgenden werden anhand von schematischen Figuren Ausführungsbeispiele beschrieben.

Fig. 1 zeigt den Querschnitt eines Aufbaues eines gassensitiven FET nach dem Stand der Technik,

Fig. 2 zeigt den Querschnitt eines Aufbaues für einen erfindungsgemäß strukturierten gassensitiven FET,

Fig. 3 zeigt den Querschnitt eines Aufbaues für einen erfindungsgemäß strukturierten gassensitiven FET für die SMD-Montage,

Fig. 4 und Fig. 5 zeigen konstruktive Ausgestaltungen entsprechend der Fig. 2 und 3, wobei zusätzliche Elektroden zur Realisierung der Guard-Technik für das Gate-Potential bzw. für die Potentialsteuerung der gassensitiven Schicht verwendet werden,

Fig. 6 zeigt den Querschnitt eines Aufbaues eines FET mit Referenztransistor zur Temperaturkompensation und Gaskanäle im Substrat,

Fig. 7 zeigt einen teilweise vergossenen Gassensor der

dadurch gegen aggressive Atmosphäre geschützt ist.

Die Verwendung eines hybriden Aufbaues mit Flip-Chip-Technologie besteht, wie die Fig. 2 und folgende zeigen, aus:

- einem elektrisch isolierenden Keramiksubstrat 8, welches als Träger des Aufbaues dient,
- elektrischer Leiterbahnen 14 auf dem Keramiksubstrat 8 mit Kontaktflecken 15 (Kontaktpads für die SMD-Montage) oder mit Steckstiften (Pin) 13 zur Kontaktierung nach außen hin,
- einer gassensitiven Schicht 11, 111, welche lokal auf dem Keramiksubstrat 8 aufgebracht ist,
- einem CMOS-Transistor 10, 100 mit passiviertem Gate, welcher von der lateralen Größe her deutlich unter den Abmessungen des Trägersubstrats liegt.

Der in Fig. 1 im Querschnitt dargestellte Aufbau eines gassensitiven FETs nach dem Stand der Technik ist auf einem Grundkörper aus Silizium aufgebaut, enthält einen Drainbereich D, Sourcebereiche S1, S2, die zu einem HSGFET bzw. zu einem Referenz-FET gehören, einem Guard-Ring 6, Abstandshaltern 3, einem hybriden Silizium-Gate 7 und einer Gaszuführung 5. Das Gate 7 weist eine definierte Beabstandung zum Grundkörper auf. Der dadurch definierte Luftspalt zwischen Gate 7 und Grundkörper bzw. zu Drain D und Source S1, S2 ist Bestandteile einer Gateisolierung, wobei die gassensitive Schicht 1 in diese Gateisolierung integriert ist. Der konventionelle Aufbau nach Fig. 1 ist sehr kostenaufwendig in der Fertigung, da das Gate durch sog. Bulk-Silizium-Mikromechanik geformt werden muß. Zum anderen ist es erforderlich, daß der gesamte Aufbau in einem Sockel montiert wird.

Die Fig. 2 zeigt, den grundsätzlichen Aufbau entsprechend der Erfindung. Dabei wird der CMOS-Transistor 10 in Flip-Chip-Technik auf ein mit Leiterbahnen 14 versehenes Keramiksubstrat 8 montiert. Dies kann beispielsweise mittels eines Leitlebmittels 12 geschehen. Die gassensitive Schicht 11 ist partiell auf dem Keramiksubstrat 8 aufgebracht und mit den Leiterbahnen 14 entsprechend kontaktiert. Der Gaskanal ist der bereits beschriebene Luftspalt 9 zwischen Gate und CMOS-Transistor. Bei diesem Aufbau kann auf die Bulk-Silizium-Mikromechanik-Fertigung verzichtet werden. Statt dessen wird ein elektrisch isolierendes Trägersubstrat eingesetzt. Das Keramiksubstrat 8 dient als Träger der gassensitiven Schicht und gleichzeitig als Träger des gesamten Sensoraufbaues, so daß kein Einbau in einen Sensorsockel notwendig ist. Auf dieses Keramiksubstrat 8 können Steckstifte 13 angebracht werden, so daß das elektronische Bauelement direkt beispielsweise in eine Single-in-Line Steckverbindung eingebracht werden kann. Alternativ ist auch die Ausführung als SMD-Bauelement möglich (surface mounted device) entsprechend Fig. 3. In Fig. 3 sind die Leiterbahnen dreidimensional ausgebildet, so daß sie senkrecht zur lateralen Ausbildung des Keramiksubstrats 8 zu dessen Unterseite geführt sind. Dort sind Kontaktflecken 15 zur SMD-Montage angebracht.

Auf dem Keramiksubstrat kann der CMOS-Transistor in Flip-Chip-Transistor befestigt und elektrisch kontaktiert werden, wozu Verbindungen aus Leitleber 12, Lötverbindungen oder lasergeschweißte Gold-Bumps dienen können. Das Trägersubstrat kann aus nahezu beliebigem elektrisch isolierenden Material bestehen, wie beispielsweise aus Al_2O_3 , Si_3N_4 , Glas, Quarzglas, Kunststoff, ... oder aus Metall mit aufgebrachter isolierender Oberflächenschicht. Die auf dem Trägersubstrat aufgetragenen Leiterbahnen 14 können beispielsweise mittels Siebdruck Technik oder auch durch photolithographische Strukturierung mittels Sputter-

oder Aufdampftechnik erzeugt werden. Die Leiterbahnen dienen der elektrischen Kontaktierung des Source- und Drain-Bereiches des Transistors und können noch weitere Funktionen umfassen. Diese weiteren Funktionen können beispielsweise eine elektrische Heizung, eine Temperaturmessung, die Realisierung der Guardfunktionen des Gatepotentials, ... beinhalten. Um das elektronische Bauelement bezüglich der Abmessungen klein zu gestalten, können Leiterbahnen 14 z. B. zur Darstellung einer Heizung auf der Rückseite des Trägersubstrats angebracht sein. Zusätzliche Leiterbahnen 14 können vorgesehen sein, um eine verbesserte Signalstabilität mittels der Guard-Technik zu erhalten, was durch Fig. 4 dargestellt wird, worin eine Elektrode 17 für die Guard-Technik vorgesehen ist. Weiterhin kann durch Anlegen eines elektrischen Feldes an die gassensitive Schicht deren Adsorptionseigenschaft elektrisch beeinflusst werden, was einer Feldsteuerung entsprechend Fig. 5 entspricht. Damit wird das Ansprechverhalten des Gassensors eingestellt bzw. verbessert. In Fig. 5 ist dazu eine Elektrode 18 für die Feldsteuerung vorgesehen.

Es kann ein CMOS-Transistor 101 als Referenztransistor vorgesehen, dieser ist im gesamten Aufbau integriert und enthält eine nicht-gassensitive Schicht bzw. liegt einer nicht gassensitiven Schicht gegenüber. Durch diese vorteilhafte Ausgestaltung kann eine Kompensation von Temperatureinflüssen realisiert werden. Diese Ausgestaltung sowie Gasführungen 50 im Trägersubstrat sind in der Fig. 6 dargestellt. Die Gasführungen 50 realisieren einen Gaseinlaß, wobei die Öffnungen des Luftspaltes 9 im Gatebereich der Anordnung zur Seite hin nicht offen ausgeführt werden müssen. Für den Einsatz in rauen Umgebungsbedingungen kann dieser Aufbau entsprechend in Fig. 7 zum Schutz vergossen werden. Dazu ist eine Vergußmasse 16 vorgesehen, die den Aufbau teilweise oder vollständig umhüllt. Alternativ zu den Kontaktflecken 15 können am Rand des Keramiksubstrats 8 Steckstifte 13 vorgesehen sein.

Die Funktion des MOS-FET erfordert einen definierten Abstand der gassensitiven Schicht zum Transistor-Gate (Isolierung, Luftspalt, ...) in der Größe von einigen Mikrometern. Abstandshalter können aus entsprechend strukturierten nicht leitenden Schichten entsprechender Stärke durch geeignete Verfahren, wie beispielsweise Spin-Coating, Aufdampfen, gebildet werden. Diese Abstandshalter werden auf die Siliziumoberfläche oder das Trägermaterial, beispielsweise Keramik, aufgebracht. Der Aufbau eines erfindungsgemäßen Gassensors umfaßt die Möglichkeit auf der Verdrahtungsstruktur des Trägersubstrates weitere Bauelemente mit dem Ziel zu montieren, Verarbeitungsschritte eines Sensorsignales bereits auf der beschriebenen Anordnung vorzunehmen.

Patentansprüche

1. Gassensor nach dem Prinzip der Austrittsarbeitsmessung bestehend aus:

- einem elektrisch isolierenden Substrat,
- Kontaktiermitteln, die oberflächlich auf dem Substrat verlaufen,
- einer partiell auf dem Substrat aufgetragenen gassensitiven Schicht und
- mindestens einem auf dem Substrat dargestellten MOS-FET-Transistor, wobei ein auf dem Substrat dargestellter Source/bzw. Drain-Bereich des Transistors jeweils mit den Kontaktiermitteln elektrisch kontaktiert ist und ein Gate mit einer gassensitiven Schicht in Flip-Chip-Technik relativ zu einem vorbestimmten Abstand zum Source/Drain-Bereich positioniert ist.

2. Gassensor nach Anspruch 1, worin die Kontaktiermittel zusätzlich eine elektrische Heizung darstellen.
3. Gassensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin die Kontaktiermittel in Verbindung mit einem Temperatursensor eine Temperaturmesseinheit 5 darstellen.
4. Gassensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin eine Heizung oder eine Temperaturmesseinheit oder weitere Bauelemente auf der der gassensitiven Schicht gegenüberliegenden Seite des Substrates 10 angebracht sind.
5. Gassensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin die Kontaktiermittel mit am Substrat angebrachten Steckstiften (13) verbunden sind.
6. Gassensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche 15 worin die Kontaktiermittel mit auf dem Substrat aufgebrachten SMD-Anschlußflecken (15) verbunden sind.
7. Gassensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin durch die Kontaktiermittel die Guard-Funktion des Gate-Potentiales darstellbar ist. 20
8. Gassensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin die Kontaktiermittel Leiterbahnen (14) sind, die auf dem Substrat ein-, zwei- oder dreidimensional verlaufen. 25
9. Gassensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin Abstandshalter zur Einstellung des Luftspaltes (9) zwischen gassensitiver Schicht (11) und Transistor vorgesehen sind.
10. Gassensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche 30 worin ein Referenztransistor vorhanden ist, der einem nicht-gassensitiven Bereich des Gates gegenüberliegt.
11. Gassensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin zur Gasführung Durchbrüche im Substrat vorhanden sind. 35
12. Gassensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin der Träger aus Al_2O_3 , Si_3N_4 , Glas, Quarzglas, Kunststoff oder aus einem Metall mit aufgebrachter isolierender Oberflächenschicht besteht. 40
13. Gassensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin eine gassensitive Schicht aus einem Karbonat oder einem Phosphat besteht.
14. Gassensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin zur Veränderung der Adsorptionseigenschaften des gassensitiven Materiales ein elektrisches Feld an das gassensitive Material angelegbar ist. 45
15. Gassensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin zur Verarbeitung eines Sensorsignales weitere Bauelemente auf dem Substrat vorgesehen 50 sind.
16. Gassensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin der Sensor zumindest teilweise mit einer Schutzschicht überzogen ist.
17. Gassensor nach Anspruch 16, worin die Schutzschicht aus Kunststoff besteht. 55

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

60

65

- Leerseite -

FIG 1

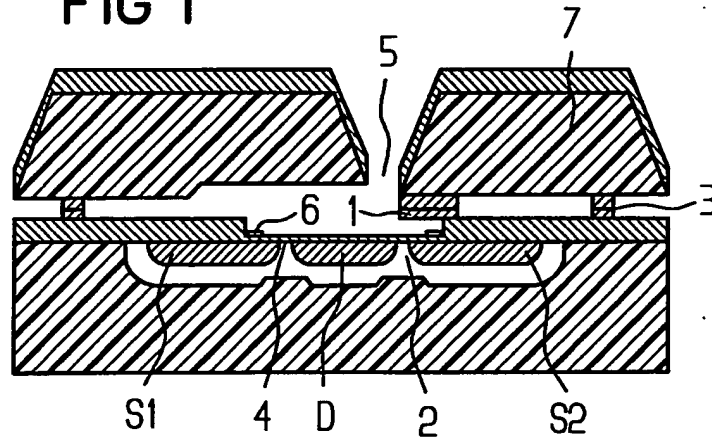


FIG 2

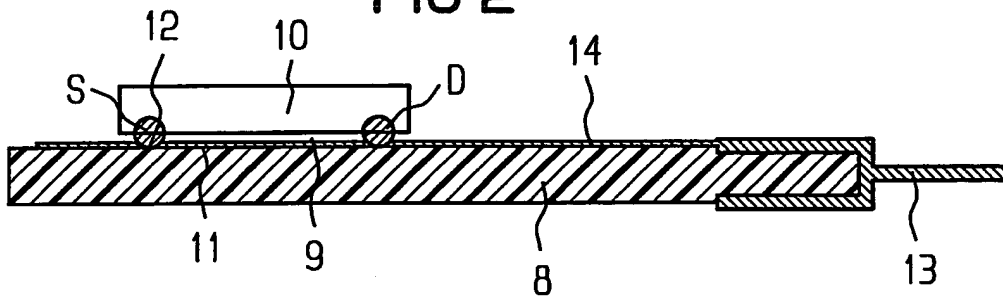


FIG 3

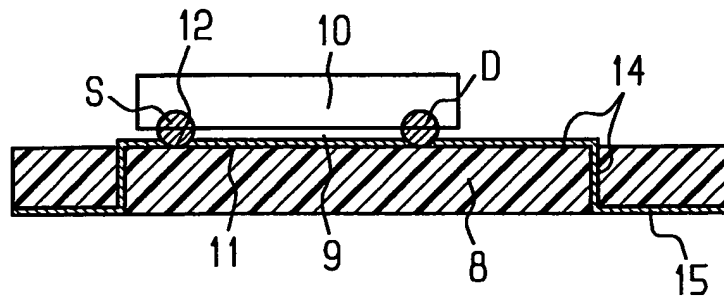


FIG 4

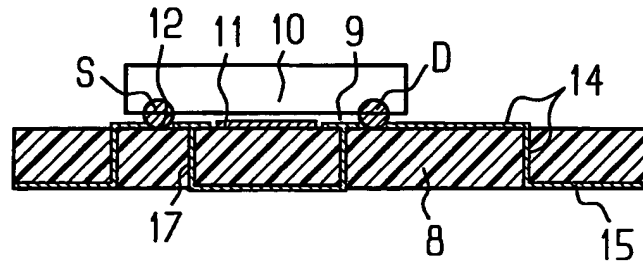


FIG 5

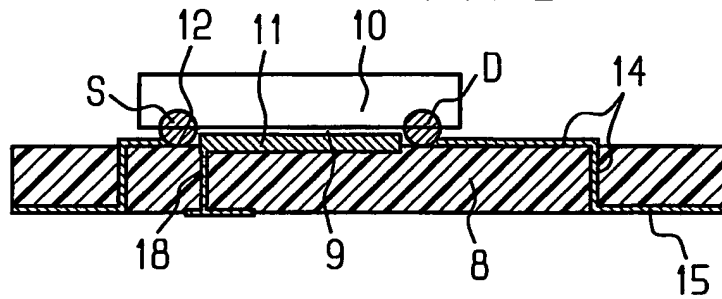


FIG 6

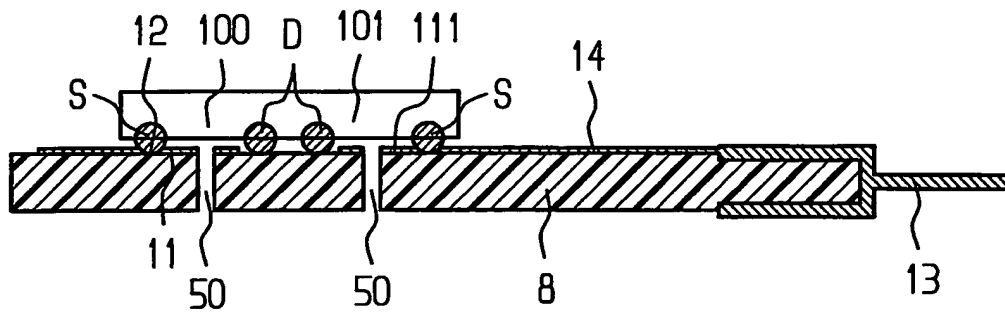


FIG 7

